

Sistema inteligente para a gestão de ativos de transmissão de energia elétrica, através do monitoramento de descargas parciais

Dr. Marcio Bottaro ¹, Possui graduação em Tecnologia em Saúde pela FATEC Sorocaba (1995), pós-graduação em Engenharia da Qualidade pela EP/USP (1999), Mestrado (2007) e Doutorado (2012) em Tecnologia Nuclear - Aplicações, pelo IPEN/USP. Especialista em Laboratório e Supervisor do Serviço Técnico de Desempenho e Segurança em Equipamentos e Materiais Elétricos do IEE/USP.

Danilo Cabral Rosendo ¹, Tecnólogo em Sistemas Biomédicos da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, Graduando em Engenharia Elétrica da Universidade de Sorocaba, Profissional Pleno Projeto “Sistema inteligente para a gestão de ativos de transmissão de energia elétrica, através do monitoramento de descargas parciais” – CTEEP-IEE/USP

Mario Henrique Chaves ¹, Graduando em Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de São Paulo, Bolsista Projeto “Sistema inteligente para a gestão de ativos de transmissão de energia elétrica, através do monitoramento de descargas parciais” – CTEEP-IEE/USP

Julia Reiko Hayashiuchi ¹, Graduando em Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de São Paulo, , Bolsista Projeto “Sistema inteligente para a gestão de ativos de transmissão de energia elétrica, através do monitoramento de descargas parciais” – CTEEP-IEE/USP

¹Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, IEE/USP

Produtos Utilizados:

NI PXIE-1071, 4SLOT 3U PXI

NI PXIE-8101 CELERON 575 2.0GHZ REAL TIME EMBEDDED

2x NI PXI-5122, 2 CHANNEL 14-BIT 100MHZ HIGH-SPEED DIGITIZER W/8 MB MEMORY PER CHANNEL

O desafio

Detectar descargas parciais de forma contínua e autônoma para diagnóstico de equipamentos elétricos de alta potência em subestações de energia. O sistema deve adquirir e analisar dados, reconhecer assinaturas, armazenar e autonomamente enviar dados de descargas parciais para central remota onde estes serão analisados para fins de manutenção preditiva.

A solução

Por meio de um chassis NI PXIE-1071 incorporando controladora PXIE-8101, dois módulos PXI-5122 e um modem Serial GPRS ITECH G24, foi desenvolvido um aplicativo embarcado em plataforma LabVIEW RT contendo ferramentas de aquisição e análise de dados, armazenamento e comunicação local e remota de assinaturas de descargas parciais.

Introdução

As descargas parciais são descargas elétricas com pequena intensidade ocorrendo em pequenas cavidades no interior do material dielétrico dos equipamentos elétricos. Consequentemente, temos o envelhecimento precoce da isolação, altos custos de manutenção e operação. A medição e análise dessas descargas em laboratório são efetuadas há vários anos e sempre foram consideradas de difícil realização e interpretação dos resultados; em campo eram consideradas inexequíveis. Os métodos tradicionais de medição fazem uso de detectores de pico e osciloscópios interagindo com um computador, desvantajosos em custo e eficiência de cálculo. Este trabalho vem preencher esta lacuna, utilizando os recursos da Plataforma NI LabVIEW.

Desenvolvimento

O presente trabalho é resultado de um P&D entre CTEEP- Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista e o IEE/USP, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, consistindo no projeto de um sistema de detecção e avaliação de descargas parciais em equipamentos elétricos que utiliza sensores instalados no condutor de aterramento do equipamento elétrico, e sistema de envio de dados para uma estação de supervisão remota junto à equipe de manutenção, permitindo a medição, análise e interpretação automatizada das descargas elétricas detectadas. O sistema permite o monitoramento de vários tipos de equipamentos elétricos, tais como, transformadores para instrumentos, disjuntores, para-raios, e outros, de modo a detectar a ocorrência de descargas parciais em um menor tempo, proporcionando uma solução rápida caso aconteça algum problema, sem a necessidade de interromper a operação do equipamento.

Para este desenvolvimento utilizou-se a plataforma PXI com chassis NI PXIE-1071, controladora PXIE-8101, dois módulos PXI-5122 e um modem Serial GPRS ITECH G24. A medição é baseada na aquisição de dados do sistema trifásicos através da leitura de Transformadores de Corrente conectados ao sistema de aterramento de cada fase do equipamento, e de um sinal de referência senoidal adquirido por meio de um quarto sensor. A leitura deve ocorrer de forma simultânea entre todos os canais do sistema de aquisição, e sincronizada com os

processamentos matemáticos para seleção de assinaturas de descargas parciais, desempenho este alcançado pelo hardware NI PXI e LabVIEW RT.

O Projeto

Atendendo as limitações dos sistemas atuais de diagnóstico de descargas parciais, foi desenvolvido um Protótipo em plataforma PXI RT. Foram desenvolvidos algoritmos de análise e discriminação de assinaturas de descargas na plataforma LabVIEW Windows posteriormente adaptados e embarcados na controladora NI PXIE-8101.

As descargas parciais tem como característica os tempos de duração da ordem de microssegundos ou menos, e o sistema de aquisição deve apresentar uma taxa de aquisição e largura de banda melhores que 60 MHz. Para uma boa avaliação das assinaturas é importante uma boa resolução digital do sistema de aquisição. Estas características levaram a escolha da NI PXI-5122, com 100 MHz de taxa de amostragem e resolução digital de 14 bits. Outra característica importante é a velocidade na análise de dados, propiciando um maior número de varreduras de sinais. Esta característica foi obtida com a associação dos equipamentos NI aqui apresentados.

O Protótipo utiliza de métricas associadas ao formato de cada pulso para efetuar a discriminação das descargas parciais. As métricas caracterizam as assinaturas dos pulsos elétricos, as quais são analisadas mediante comparação como amplitude, frequência, polaridade, entre outras, armazenadas em base de dados do Protótipo. Toda análise foi baseada na Plataforma LabVIEW RT utilizando os recursos matemáticos e estatísticos disponíveis na mesma. O sistema operacional em Tempo Real possibilita ainda que o monitoramento seja realizado durante longos períodos de forma ininterrupta.

Para o registro de dados efetuado pelo Protótipo, optou-se pelo padrão NI TDMS, que oferece eficiência no registro e caracterizações temporais, fundamental nos procedimentos de diagnóstico dos equipamentos elétricos. A comunicação com os usuários consiste em protocolos Ethernet para acesso *in loco*, e comunicação GPRS-TCP/IP para acesso remoto.

O monitoramento *in loco* utiliza um Módulo de Supervisão Local (MSL), que consiste em uma VI para sistema operacional Windows, podendo ser instalado em computador portátil, permitindo durante o monitoramento do Protótipo, configurações, leituras em tempo real e aquisição de dados em padrão TDMS. É possível acompanhar os registros de descargas catalogadas por datas e horários, bem como ter total acesso ao banco de dados do Protótipo. Adicionalmente o MSL permite análise de dados equivalente às efetuadas remotamente.

Para o monitoramento remoto foi desenvolvido o Módulo de Supervisão Remoto (MSR), que consiste em uma VI para sistema operacional Windows, podendo ser instalado em um computador na base remota, que aguarda continuamente o envio de dados pelo Protótipo utilizando um modem Serial GPRS ITECH G24, com API ITECH. O MSR permite análise dos dados, com os seguintes recursos, também disponibilizados no MSL: Gráfico de Nuvens, ocorrência repetitiva de descargas e Histogramas. Os cálculos utilizados para as demonstrações gráficas seguem a norma IEC 60270/2000 de medição convencional de carga aparente.

Resultados

O Protótipo desenvolvido passou por uma série de simulações laboratoriais utilizando-se uma célula de ensaio, com material dielétrico entre dois eletrodos imersos em óleo isolante, com aplicação de tensões alternadas de 4 a 5 kV (Figura 1). Em campo, na Subestação Oeste da CTEEP, o Protótipo foi utilizado para medições e validações, estando sujeito a diversas interferências que não podem ser simuladas em laboratório, como a presença do forte campo eletromagnético. O desempenho do algoritmo de detecção de descargas, bem como

do MSL e MSR pode ser avaliado nesta série de ensaios, operando em tensões de 13,8 kV, 88 kV e 440 kV, com resultados satisfatórios. As figuras 2 a 7 mostram os resultados em campo, com avaliação e validação do MSL e MSR.

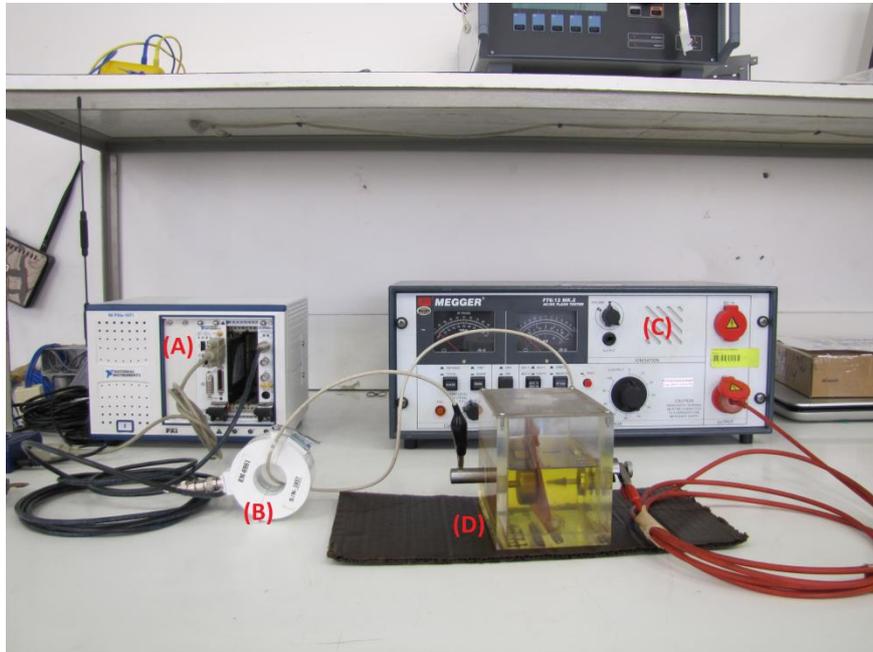


Figura 1 – Simulações Laboratoriais no IEE/USP com Protótipo: (A) Sistema NI PXI com NI PXIE-1071, NI PXIE-8101 e NI PXI-5122; (B) Transformador de Corrente (TC); (C) Gerador de Alta Tensão; (D) célula de ensaio, com material dielétrico entre dois eletrodos imersos em óleo isolante.

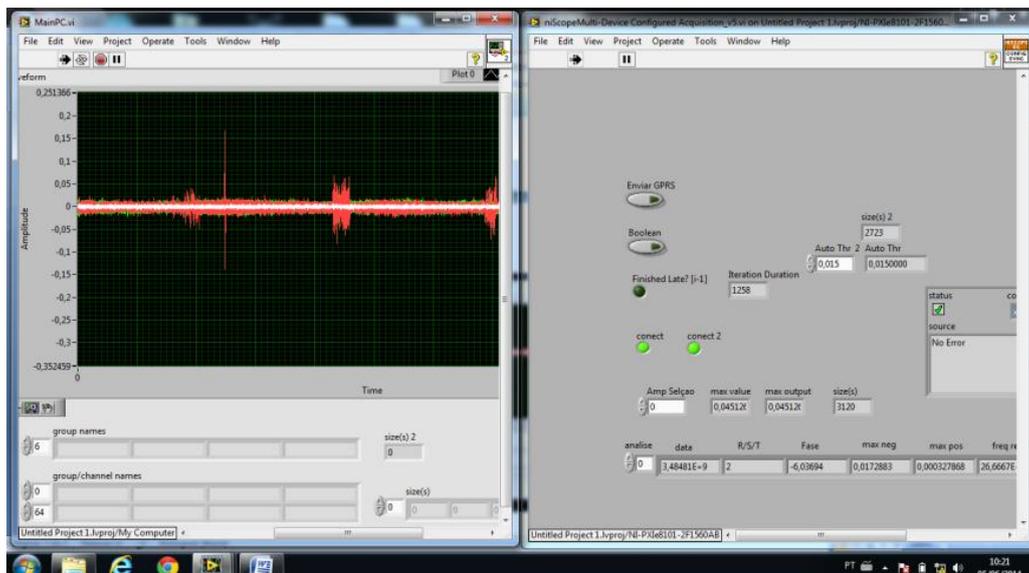


Figura 2 - Módulo de Supervisão Local (MSL): Apresentação de Waveform Graph (janela esquerda) com leitura dos sensores e descargas parciais sendo detectadas (canal 2 - vermelho) e registradas na PXI (janela direita); em Subestação CTEEP Oeste.

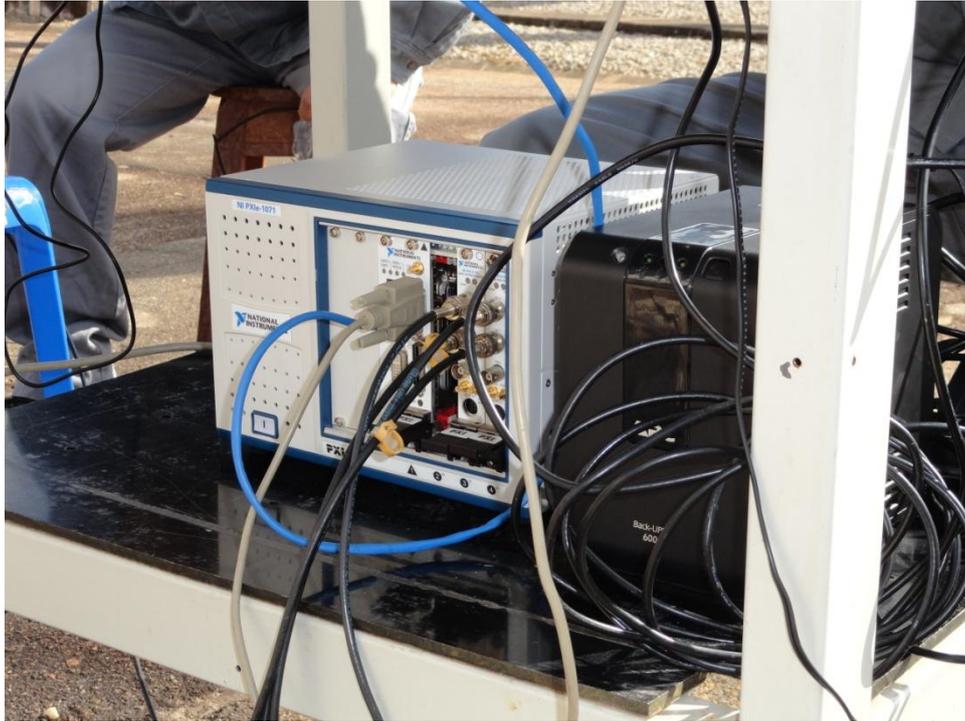


Figura 3 – Protótipo instalado em campo, utilizando PXI com chassis NI PXIE-1071, controladora PXIE-8101 e dois módulos PXI-5122, com no-break para estabilização e segurança do sistema, na Subestação CTEEP Oeste.



Figura 4 - Módulo de Supervisão Local (MSL): Utilização do MSL em campo, em Subestação CTEEP Oeste.



Figura 5 - Módulo de Supervisão Local (MSL): Validação do MSL em campo, comparada com método convencional utilizando-se osciloscópio e pós-processamento de dados, em Subestação CTEEP Oeste.

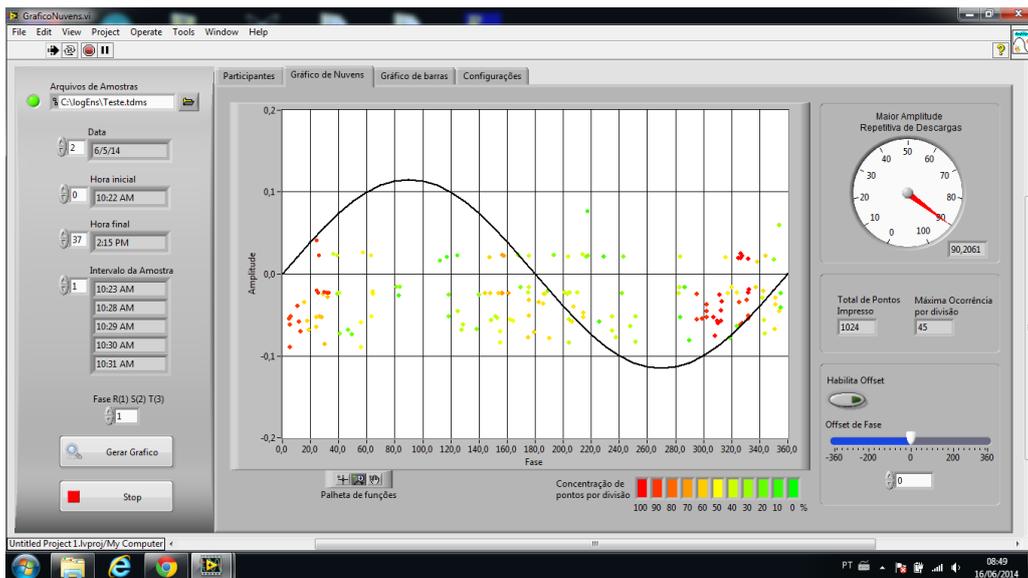


Figura 6 - Módulo de Supervisão Remota (MSR): Apresentação do Gráfico de Nuvens em Waveform Graph, com indicação das descargas parciais na fase R de um para-raios, e Amplitude repetitiva de Descargas em Indicador analógico (requisito IEC 60270/2000), em Subestação CTEEP Oeste.

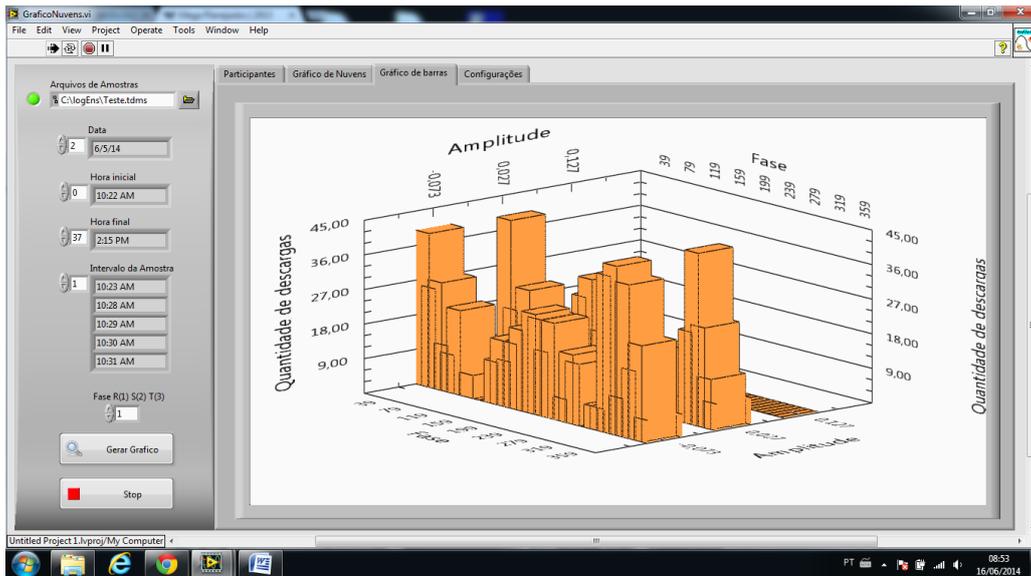


Figura 7 - Módulo de Supervisão Remota (MSR): Apresentação do Gráfico de Barras (Histograma) em 3D Graph, com indicação das descargas parciais na fase R de um para-raios, em Subestação CTEEP Oeste.

Discussões e Conclusões

Inicialmente os trabalhos efetuados no projeto levavam em conta os métodos convencionais, com análise de dados após a aquisição feita em campo. Esta fase durou 18 meses, e o projeto caminhava para uma solução analítica, com reconhecimento de assinaturas propostas por TATIZAWA (2014). Com a introdução da Plataforma PXI, o desenvolvimento da solução final, levando em consideração os tempos de teste, resultaram num Protótipo funcional, concluído em 6 meses. As maiores dificuldades encontradas foram a otimização de rotinas em função do grande volume de dados analisados simultaneamente com as aquisições em alta taxa, e a comunicação GPRS com os provedores locais em laboratório e campo. Este Protótipo teve todos seus objetivos alcançados e seu sucesso motivou o depósito de Patente efetuado pela Pareceria CTEEP/IEE/USP em setembro de 2014.

Agradecimentos

A oportunidade e motivação do Prof. Dr. Hédio Tatizawa e do Engenheiro Wilson Roberto Bacega, coordenadores do projeto de P&D e ao apoio da equipe NI Brasil.

Referências Bibliográficas:

International Electrotechnical Commission, IEC. High Voltage Techniques – partial discharge measurements, IEC 60270 – 3rd edition.

Tatizawa, H.; Bacega W. R.; Bacega F. Detection and Location of Partial Discharges in a 460 kV – 66.7MVA Reactor at Field Using Antenna. In: IEEE PES 2012 Transmission & Distribution Conference and Exposition – Chicago/EUA (2014).